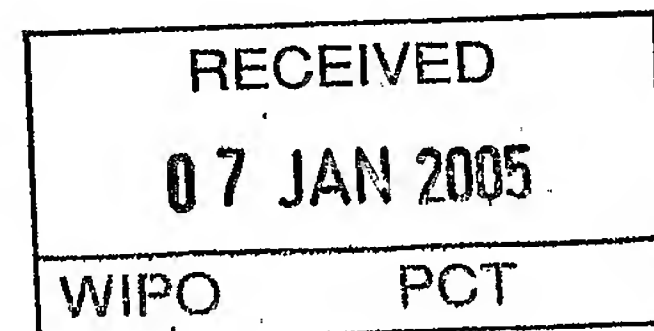


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

10 2004 009 006.8

Anmeldetag:

25. Februar 2004

Anmelder/Inhaber:Conti Temic microelectronic GmbH,
90411 Nürnberg/DE**Bezeichnung:**Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschal-
tung**Priorität:**

11. Dezember 2003 DE 103 58 383.1

IPC:

G 01 R 21/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 22. Dezember 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Stemme

Conti Temic microelectronic GmbH
Sieboldstr. 19, D-90411 Nürnberg

5

Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung, bestehend aus mindestens einer Lampe, durch Messung von Strom und Spannung.

10

Die Nennleistung einer Lampe ist die elektrische Leistungsaufnahme der Lampe bei Vorliegen definierter Normbedingungen, insbesondere Anliegen einer Nennspannung, und wird neben der Nennspannung als Lampenparameter von Lampenherstellern angegeben und von Herstellern von Beleuchtungssystemen als einzuhaltender Normwert gefordert. Dennoch weichen Lampen teilweise recht erheblich von den angegebenen Normwerten ab, was zu Störungen oder Defekten in der Beleuchtungssteuerung oder den Lampen führen kann.

15

Beleuchtungssysteme werden auch in sicherheitsrelevanten Anwendungen, insbesondere auch in Kraftfahrzeugen eingesetzt. Bei derartigen sicherheitskritischen Anwendungen ist es erforderlich, diese während des Betriebs auf Defekte oder den Einbau nicht normgerechter Lampen hin zu überprüfen.

20

Bei der Ansteuerung von Glühfadenlampen im Kfz kann beispielsweise bereits der Schaltanfang von der Elektronik diagnostiziert und dadurch eine Aussage über den Zustand der Last getroffen werden. Durch Kenntnis der Betriebszustände und bzw. oder Messung der bestimmenden elektrischen Größen kann dabei der Ausfall der Lampe detektiert und dem Fahrer oder einem Diagnosesystem gemeldet werden.

25

Die Genauigkeit des Diagnoseverfahrens wird durch verschiedene Parameter eingeschränkt, wie z.B. Genauigkeit der Messungen und vor allem das verwendete elektrische Modell der Lampen.

30

Das einfachste Verfahren zur Ermittlung des Lampenzustandes ist eine digitale Entscheidung der Ausgangsspannung im ausgeschalteten Zustand. Bei defekter Lampe ist der Stromkreis unterbrochen, was am Spannungspegel erkannt werden kann.

Bessere Verfahren verwenden eine Strommessung im eingeschalteten Zustand der Lampe, wobei ein Messwiderstand oder Stromspiegelschaltungen oder integrierte Lösungen, wie die sogenannten SenseFETs mit einem Steuereingang und einem Stromsignalausgang, wie in Fig. 1 skizziert.

- 5 Jedoch kann die Spannung an der Lampenschaltung in einer Vielzahl von Anwendungsfällen, insbesondere in Kraftfahrzeugen nicht als konstant der Nennspannung entsprechend angenommen werden. Weicht die Spannung jedoch von der Nennspannung ab, so entspricht auch die aus dem Produkt von Strom und Spannung aktuelle Leistungsaufnahme nicht der Nennleistung.

10 Zudem kann der aktuelle Lampenwiderstand schwanken wegen:

- der Verwendung unterschiedlicher Lampentypen
- der unterschiedlichen Nennspannung der verschiedenen Lampentypen
- Abweichungen unterschiedlicher Hersteller
- Streuung innerhalb eines Lampentyps
- 15 - Alterung der Lampe

Besonders problematisch ist die Diagnose bei zwei oder mehreren parallel geschalteten Lampen, die wenn überhaupt nur mit Kalibrierung der Elektronik erkannt werden können.

Zudem kann der Einsatz intakter, aber von der Spezifikation abweichender Lampen oder der Defekt einzelner Lampen zu Störungen an der Steuereinheit oder anderen mit der

20 Lampe parallel geschalteter Lampen verursachen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung anzugeben, welches auch bei einer von der Nennspannung abweichenden Betriebsspannung eine Funktionsprüfung mit hoher Genauigkeit ermöglicht. Diese Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den

25 Unteransprüchen zu entnehmen.

Die Lampenschaltung besteht aus mindestens einer Lampe, d.h. das Verfahren eignet sich insbesondere auch für Lampenschaltungen mit mehreren parallel geschalteten Lampen.

Durch Messung von Strom und Spannung erfolgt die Erfassung des aktuellen Betriebszustands. Jede Funktionsprüfung basiert auf einem Vergleich gemessener Werte

30 mit Sollwerten.

Dabei wird für den Widerstandswert ein Polynom zumindest 1. Ordnung gemäß $R=c \cdot U+d$ abhängig von der aktuell gemessenen Spannung an der Lampenschaltung berücksichtigt. Letztlich ist es dabei nicht entscheidend, ob diese Berücksichtigung auf der Seite der Sollwerte oder bei der Umwandlung der gemessenen Werte in abgeleitete Größen erfolgt, also die gemessenen Größen entsprechend auf konstante Sollwerte normiert werden oder die Sollwerte an die Betriebsbedingungen angepasst werden.

Es kann der Widerstandswert der Lampe als Polynom zumindest 1. Ordnung ermittelt werden oder eine weitere Größe abgeleitet werden, wie nachfolgend noch ausführlich erläutert wird.

- 10 Die Parameter des Polynoms werden durch eine zumindest der Ordnung des Polynoms entsprechende Anzahl von Messungen bei bekannten sich unterscheidenden Betriebsbedingungen bestimmt

Je höher die Ordnung des Polynoms wird, desto genauer kann die Prognose der Sollwerte bzw. die Annäherung der Messwerte an einen festen Sollwert erfolgen.

- 15 Vorzugsweise wird der Widerstandswert auf die Nennleistung bezogen, in dem bei den Messungen bei bekannten Betriebsbedingungen die Parameter des Polynoms des Widerstandswerts jeweils mit der Nennleistung multipliziert werden. Dadurch kann bei Möglichkeit des Einsatzes verschiedener Lampen eine kleinere Schwankungsbreite und bessere Vorgabe erreicht werden.

- 20 Weisen die Lampen bei Nennleistung voneinander abweichende Nennspannungen auf, so werden die Parameter des Polynoms auf eine gemeinsame Nennspannung normiert, in dem bei den Messungen bei bekannten Betriebsbedingungen die Parameter des Polynoms des Widerstandswerts jeweils mit dem Verhältnis aus gemeinsamer Nennspannung zu gemittelter Spannung der Lampen bei Nennleistung multipliziert werden. Dadurch kann bei Möglichkeit des Einsatzes verschiedener Lampen eine noch kleinere Schwankungsbreite und bessere Vorgabe erreicht werden.

- 30 Vorzugsweise kann als die mit einem Vorgabewert zu vergleichende Größe die Nennleistung der Lampenschaltung ermittelt werden, die aus Strom und Spannung und den aus den Referenzmessungen ermittelten Parametern des Polynoms des Widerstandswerts wird die für die aktuell eingebaute Lampe errechenbare Nennleistung ermittelt und mit dem Sollwert verglichen.

Alternativ kann als Vorgabewert der Sollstrom durch die Lampenschaltung bei der aktuellen Spannung ermittelt werden, d.h. aus der Spannung wird zunächst mittels der Parameter der Widerstandswert für die aktuelle Spannung ermittelt und daraus der für diese Spannung zu erwartende Sollstrom bestimmt und mit dem Iststrom verglichen.

- 5 Dabei werden die jeweiligen Normierungen auf Nennleistung und Nennspannung jeweils natürlich berücksichtigt.

Dadurch wird ein Beleuchtungssystem, bestehend aus zumindest einer Lampe und einer Steuereinheit möglich, welche Strom und Spannung erfasst und gemäß dem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche den Widerstand der Lampe oder eine daraus abgeleitete Größe ermittelt und mit Vorgabewerten vergleicht und bei Abweichung von den Vorgabewerten erkennt, daß die Lampe defekt ist oder nicht der Vorgabe entspricht.

Dank der verbesserten Annäherung können auch zwei oder mehr parallel geschaltete Lampen gemeinsam überwacht und erkannt werden, daß einer der Lampen defekt ist oder nicht der Vorgabe entspricht. Vorzugsweise wird bei Lampen unterschiedlicher

- 15 Nennleistung bzw. Widerstand aus dem Maß der Abweichung zu den Vorgabewerten abgeleitet, welche der parallel geschalteten Lampen defekt ist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Figuren und Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

- 20 Fig. 1 bevorzugte Schaltungsanordnung mit SenseFet zur Messung des Stroms in die Lampenschaltung

Fig. 2 Skizze der erreichbaren Verbesserung der Beschreibung des Lampenwiderstands bei Verwendung eines Polynoms erster Ordnung

Fig. 3 Skizze des tatsächlichen Lampenwiderstandsverlaufs für verschiedene Lampen

- 25 Fig. 4 Schwankungsbreite bei Verwendung eines Polynoms dritter Ordnung

Fig. 5 Schwankungsbreite bei verschiedenen Lampentypen und Normierung auf die Nennleistung

Fig. 6 Schwankungsbreite bei verschiedenen Lampentypen und Normierung auf die Nennleistung und eine gemeinsame mittlere Nennspannung

Fig. 7 relative Abweichung bei verschiedenen Lampentypen und Normierung auf die Nennleistung und eine gemeinsame mittlere Nennspannung

Fig.8 Parallelschaltung mehrerer Lampen

Die vorliegende Erfindung beschreibt also ein Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung, insbesondere zur genauen Bestimmung der Lampennennleistung aus dem gemessenen Lampenstrom bei Betriebsspannung unter Anwendung eines empirisch ermittelten Lampenmodells.

10 Dabei wird zunächst in Meßreihen, bei bekannten sich unterscheidenden Betriebsbedingungen der Arbeitsstrom der Lampe in Abhängigkeit von der Betriebsspannung jeweils für einen Lampentyp gemessen und daraus die Parameter für das Polynom des Widerstand berechnet.

Die Anzahl der Messungen entspricht schon für die Eindeutigkeit der Berechnung der Parameter zumindest der Ordnung des Polynoms, ist jedoch zum Ausgleich von Messschwankungen in der Praxis deutlich höher. Die Parameter werden dann
15 entsprechend gut angenähert, können dann aber für die folgenden Messungen bei von der Nennspannung abweichender Betriebsspannung als konstant angenommen werden.

So kann dann bei einer aktuell gemessenen Spannung ausgehend von diesen konstanten Parametern der Widerstand deutlich genauer bestimmt und somit die Nennleistung exakter angegeben werden.

20 Der Lampenwiderstand über der anliegenden Spannung ist ein Polynom hoher Ordnung und ist in Fig. 3 prinzipiell dargestellt. Für eine Diagnose reicht es aus, den Widerstand der Lampe im Arbeitsspannungsbereich der Lampe ($U_{\min} \dots U_{\max}$) zu betrachten. In diesem Bereich kann der Widerstand mit einem Polynom 1. Ordnung grob und mit einem Polynom 3. Ordnung mit sehr guter Genauigkeit angenähert werden. Dabei verdeutlicht Fig. 2, dass
25 ausgehend von einem Nennwiderstand bei Nennspannung und einer definierten Schwankungsbreite (dicke Linien um die gestrichelte Mittellinie) eine feste Vorgabe von Schwellen R_{\max} bzw. R_{\min} bzw. ein Ansatz des Widerstandswerts als konstant zu derart groben Aussagen führt, dass weder der Einbau einer von der Spezifikation abweichenden Lampe noch der Defekt einer Lampe bei mehreren parallel geschalteten erkannt werden
30 kann.

So ergeben sich für alle bekannten Variablen (verschiedene Lampentypen und Hersteller, Parameterstreuung, Alterung) signifikante Unterschiede, die eine Bestimmung der Lampenleistung, besonders bei Parallelschaltung verschiedener Lampentypen ungenauer werden lassen, wie aus der Schwankungsbreite in Fig. 3 entnommen werden kann, wobei

5 die gestrichelte Linie den mittleren Verlauf die durchgezogenen Linien die Grenzen der tatsächlichen Lampenkennlinien verdeutlichen.

Eine demgegenüber weitergehende entscheidende Verbesserung kann durch Normierung des Widerstandes (bzw. der Parameter) auf die Nennleistung und nochmals besser auf die Nennspannung erzielt werden.

- 10 Dabei wird das Polynom des spannungsabhängigen Lampenwiderstandes mit der Nennleistung der Lampe multipliziert:

$$R_{spez} = \frac{U_{lamp}}{I_{lamp}} \cdot P_{nenn} \quad [\Omega \cdot W]; \quad (Gl. 1)$$

Anschließend wird auf eine gemeinsame Nennspannung normiert um die unterschiedlichen Nennspannungen der verschiedenen Lampentypen auszugleichen.

15 $R_{spez_norm} = R_{spez} \cdot \frac{U_{norm}}{U_{nenn_ist}} = \frac{U_{lamp}}{I_{lamp}} \cdot P_{nenn} \cdot \frac{U_{norm}}{U_{nenn_ist}} \quad [\Omega \cdot W]; \quad (Gl. 2)$

wobei U_{norm} die Nennspannung der Lampe zB. 12,0V

und U_{nenn_ist} die gemittelte Spannung bei Nennleistung eines Lampentyps ist.

Durch diese Normierungen ergibt sich ein nahezu identisches Polynom R_{spez_norm} für alle Lampentypen, bei dem nur noch ein enges Toleranzband betrachtet werden muß, wie in Fig. 4 skizziert wird.

Durch Umformung von Gl. 3 kann aus dem Polynom die genaue Nennleistung der Lampe in Abhängigkeit von der Betriebsspannung berechnet oder aus einer Tabelle interpoliert werden:

$$P_{nenn} = \frac{U_{lamp}}{I_{lamp} \cdot R_{spez_norm}} \cdot \frac{U_{norm}}{U_{nenn_ist}}; \quad (Gl. 3)$$

25 mit $R_{spez_norm} = a \cdot U^3 + b \cdot U^2 + c \cdot U + d \quad [\Omega \cdot W];$

Die Bestimmung des Polynoms erfolgt durch Meßreihen, wobei die Ermittlung des spezifischen normierten Widerstandes umso weniger fehlerbehaftet, je weniger verschiedene Lampentypen für die Bestimmung des Polynoms herangezogen werden.

Der Fehler der Interpolationskurven von $R_{\text{spez_norm}}$ zueinander ist dabei kleiner als die Bauteilstreuung innerhalb eines Lampentyps.

Die Fig. 5 zeigt nun realen Kennlinien für ca. 15 im Kraftfahrzeugbereich übliche Lampen völlig unterschiedlicher Nennleistung (5-60 Watt) die Schwankungsbreite bei Normierung auf die Nennleistung. Bereits optisch ist ganz deutlich erkennbar, daß Lampen mit völlig unterschiedlicher Nennleistung und damit unterschiedlichem Innenwiderstand mit relativ guter Genauigkeit normiert werden können.

Für einige ausgewählte Lampentypen soll dies noch anhand der Tabelle näher erläutert werden. Alle Lampen sind Kfz-Lampen für 12 Volt-Bordnetze.

Lampentyp	1	2	3	4	5	Ø bei Nennspg.	Streuung absolut	Streuung relativ
Nennleistung [W]	60	55	60	7	21			
Nennspannung [V]	12,25	12,6	11,85	12,8	11,75			
Nennstrom [A]	4,9	4,37	5,06	0,55	1,79			
$R_{\text{nenn}}=U/I$	2,50	2,88	2,34	23,27	6,56			
$R_{\text{spez}}=R \cdot P_{\text{nenn}}$	150,00	158,58	140,51	162,91	137,85	149,97	10,93	7,29
$d [\text{Ohm}] =$	37	39,79	37,93	42,5	36,1	38,66	2,54	6,58
$c [\text{Ohm} / \text{V}] =$	13,86	14,73	13,29	13,9	13,5	13,86	0,55	3,97
$b [\text{Ohm} / \text{V}^2] =$	-0,5068	-0,558	-0,4926	-0,5	-0,5075	-0,51	0,03	5,04
$a [\text{Ohm} / \text{V}^3] =$	0,009	0,0103	0,0087	0,0095	0,0097	0,01	0,00	6,60

Dabei sind die Nennspannung und der Nennstrom die Größen, die sich bei Vorliegen der Nennleistung einstellen.

Während sich die Nennwiderstände bei den Lampen unterschiedlicher Leistung deutlich unterscheiden (ca. 23 Ohm bei 7 Watt-Lampe gegenüber 2,5 Ohm bei 60 Watt-Lampe), ist der auf die Nennleistung normierte spezifische Widerstandswert recht konstant mit einem Mittelwert von 150 und einer prozentualen Standardabweichung von ca. 7%. d.h. Lampen mit unterschiedlicher Nennleistung können mit verhältnismäßig hoher Genauigkeit durch einen spezifischen Referenzwert bzw. entsprechende Parameter a,b,c,d des Polynoms charakterisiert werden.

Deutlich erkennbar ist in den Beispielen in obiger Tabelle auch, daß die Lampen zum Teil schon von der Sollbordnetzspannung von 12 Volt deutlich abweichende Spannungswerte bei Nennleistung aufweisen. Erkennbar wird auch, daß auch die zwei 60-Watt-Lampentypen noch voneinander abweichende Nennwiderstandswerte aufweisen.

Aus diesem Grund wurde bevorzugt noch eine Normierung auf eine gemeinsame mittlere Nennspannung, hier 12 Volt ergänzt.

Fig. 6 zeigt die gegenüber Fig. 5 nochmals deutlich reduzierte Schwankungsbreite bei verschiedenen Lampentypen und Fig. 7 zeigt die relative Abweichung bei verschiedenen Lampentypen und Normierung auf die Nennleistung und eine gemeinsame mittlere Nennspannung.

Vorstehend wurde bisher davon ausgegangen, dass die Zuleitungen und deren elektrischer Widerstand gegenüber dem Lampenwiderstand vernachlässigbar waren. Jedoch werden gerade in Kraftfahrzeugen zum Teil Zuleitung von bis zu 6 Metern Länge und dennoch kleinen Querschnitten verlegt, was zu Leitungswiderständen von bis zu >200 Milliohm führt. Kommen nun noch durch Korrosion und unvollständige Kontaktübergänge weitere Leitungswiderstände hinzu, können diese sich auf bis zu 1 Ohm summieren und sind die dabei auftretenden Verluste gegenüber Lampenwiderständen von 3-30 Ohm nicht immer vernachlässigbar.

Daher bietet sich zudem die Möglichkeit, diesen Widerstandswert der Leitung zu erfassen und zu berücksichtigen.

Wenn sich beispielsweise der Widerstand der Glühwendel(n) durch Alterung signifikant ändert, kann dies durch Messung bei verschiedenen Betriebsspannungen erkannt werden.

Da die Messung der Betriebsspannung an der Lampe durch die Elektronik sehr aufwendig wäre, kann die Spannung vereinfacht durch Schätzung der Widerstände im Lastkreis ermittelt werden. Dazu wird die Betriebsspannung am Steuergeräteeingang gemessen und die Spannung an der Lampe aus Strom und Widerständen näherungsweise berechnet:

$$U_{\text{lamp}} = U_{\text{batt}} - I_{\text{lamp}} \cdot (R_{\text{DSon}} + R_{\text{Zuleitung}}) ; \quad (\text{Gl. 4}),$$

wobei R_{DSon} = Einschaltwiderstand des Leistungsschalters

$R_{\text{Zuleitung}}$ = Widerstand der Lampenzuleitung einschließlich Übergangswiderstand an der Lampenfassung.

Die Genauigkeit der Berechnung der Lampenleistung kann aber auch ohne direktes Ausmessen der Leitung noch weiter erhöht werden, wenn verschiedene Betriebsspannungsmessungen für die Bestimmung der Lampennennleistung herangezogen werden.

Dies beruht auf der Tatsache, daß bei der Berechnung nach Gl.3 die Nennleistung der Lampe konstant sein muß. Weist also eine Lampenschaltung bei zwei aufeinander folgenden Messungen mit unterschiedlichen Spannungen abweichende Nennleistungen auf, ohne dass die Lampe gewechselt wurde, so ist daraus der Einfluß der Zuleitung ableitbar.

Dementsprechend kann für eine spätere Fehleranalyse eine zyklische Erfassung von gemessener Nennleistung und Betriebsspannung erfolgen, wobei die erfassten Werte zumindest bei signifikanten Abweichungen von den Vorwerten abgespeichert und so mehrere Messungen bei unterschiedlichen Betriebszuständen vorliegen und zur Plausibilisierung und Ableitung des Fehlerortes bzw. der Fehlerart zur Verfügung stehen. Vorzugsweise ist zudem ein zeitlicher Bezug, bspw. durch einen Systemzeitzähler mit abgespeichert, so daß bei Änderungen in entsprechend kurzen Zeiträumen dies eindeutig zugeordnet werden kann.

Durch Kalibration der Elektronik bei exakt definierter Last kann der Fehler der Strommessung weiter reduziert und damit die Genauigkeit weiter verbessert werden.

Durch das oben beschriebenen Verfahren kann daher die an den Schaltausgang angeschlossene Nennleistung mit guter Genauigkeit ermittelt werden.

Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt in den umfangreichen Diagnosemöglichkeiten beim Anschluß von zwei oder mehr Lampen an einem Schaltausgang, wo zumindest der Ausfall einer Lampe und vorzugsweise auch noch der Einbau von der Spezifikation nicht entsprechenden Lampen erkannt wird. Dies ermöglicht:

- Einsparung von Kosten und Platzbedarf durch Reduktion der Anzahl der Ausgänge bzw. Schalter, d.h. mit einem Ausgang werden mehrere Lampen gesteuert
- Reduktion der Variantenvielfalt (zB. unterschiedliches Rücklicht/Bremslichtkonzept für USA-Version, Anschluß Sidemarker in USA-Version, Parallelschaltung von Blinkern)
- Erkennung einer möglichen Überlast durch unzulässige Parallelschaltung weiterer Lampen.

Folgende Tabelle zeigt die verschiedenen Diagnosemöglichkeiten verschiedener Konfigurationen:

Konfiguration	Diagnose				
	Angeschlossene Nennleistung	Lampentyp	Ausfall einer Lampe	Ausfall von zwei Lampen	Leistungsdaten und -zustand
1 Lampe	ja	2 Messungen	ja	-	X
2 Lampen mit gleichem Typ	ja	2 Messungen	ja	ja	X
2 Lampen mit verschiedenem Typ	X	X)	ja	ja	X
3 Lampen mit gleichem Typ	ja	2 Messungen	ja	ja	X
3 Lampen mit verschiedenem Typ	X	X	ja	ja	X
N > 3 Lampen mit gleichem Typ	ja	X	ja (für $N \leq 4$)	ja (für $N \leq 6$)	X

X= Plausibilität aus 2 Messungen mit unterschiedlicher Betriebsspannung möglich, um Zuleitungseinflüsse zu eliminieren

- 5 Die Möglichkeiten der Fehlererkennung bei parallel geschalteten Lampen soll anhand einer Blinkersteuerung gemäß Fig. 8 bestehend aus zwei baugleichen 20 Watt-Lampen vorn und hinten am Kfz sowie einer seitlichen Zusatzleuchte mit 5 Watt gesteuert über einen gemeinsamen Schalter erläutert werden. Die Tabelle zeigt die sich ergebenden Werte bei Nennspannung 12 Volt.

L1	L2	L3	Gesamt
20W	20W	5W	45W
1,67 A	1,67 A	0,42 A	3,75 A
7,2 Ω	7,2 Ω	28,8 Ω	3,2 Ohm

10

Es ist sofort erkennbar, dass bei einer bisher üblichen sehr groben Schwellendefinition zum Ausgleich von Temperatur- und Spannungsschwankungen ein Ausfall der kleineren 5-Watt-Lampe keinesfalls und selbst der Ausfall oder Einsatz einer abweichenden 20 Watt-Lampe kaum bemerkt werden konnte, berücksichtigt man eine erforderliche Toleranz von

15 $50\% \pm 3 \text{ Ohm}$.

Dank der deutlich genaueren Bestimmung sind nun die Fälle

L3 defekt = Nennleistung nur noch ca. 40 Watt

L1 oder L2 defekt = Nennleistung noch ca. 25 Watt

L3 und L1 oder L2 defekt = Nennleistung noch ca. 20 Watt voneinander unterscheidbar.

- 5 Da die Nennleistung mit einer modellbehafteten Toleranz von ca. 10% angegeben werden kann, können auch die Abweichungen aufgrund von Leitungsstörungen nun erkannt werden.

Das Verfahren kann zudem sowohl bei kontinuierlicher Ansteuerung, als auch im getakteten Betrieb der Lampe verwendet werde. Bei getaktetem Betrieb, also

- 10 insbesondere bei PWM-Ansteuerung der Lampen, ist die Nennspannung an der Lampe bevorzugt gleich dem Effektivwert des Ausgangssignals

$$U_{\text{lamp}} \approx U_{\text{batt}} \cdot \sqrt{dc.} ; \quad (\text{Gl. 5})$$

mit $dc. = (\text{duty cycle}) = \text{Einschaltverhältnis der Pulsweitenmodulation, d.h. es wird}$

vorzugsweise anstelle einer linearen Berechnung $U_{\text{lamp}} \approx U_{\text{batt}} \cdot T_{\text{ein}}/T_{\text{gesamt}}$ der quadratische

- 15 Zusammenhang des Effektivwertes berücksichtigt.

Es sei nochmals hingewiesen, dass dieses Widerstandsmodell für Lampen in gleicher Weise durch Umstellung der Ohmschen Gesetze unmittelbar auch für die Vorgabe von Stromwerten in Abhängigkeit von der aktuellen Spannung anwendbar ist und dann der Vergleich mit dem jeweils gemessenen Strom erfolgt. Alternativ wäre auch der Vergleich

20 der aktuellen Spannung mit einer aus aktuellem Strom und Widerstandsmodell errechneten Sollspannung möglich, wobei der Widerstandswert selbst wiederum von der aktuellen Spannung abhängig ist.

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung, bestehend aus mindestens einer Lampe, durch Messung von Strom und Spannung, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Widerstandswert berücksichtigt wird, welcher als ein Polynom zumindest 1. Ordnung abhängig von der aktuell gemessenen Spannung an der Lampenschaltung vorgegeben wird,

wobei die Parameter c und d des Polynoms durch eine zumindest der Ordnung des Polynoms entsprechende Anzahl von Messungen bei bekannten sich unterscheidenden Betriebsbedingungen bestimmt werden

und der Widerstandswert oder eine daraus abgeleitete Größe mit einem Vorgabewert verglichen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Polynom zumindest 2. Ordnung gemäß $R = b \cdot U^2 + c \cdot U + d$ verwendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Polynom zumindest 3. Ordnung gemäß $R = a \cdot U^3 + b \cdot U^2 + c \cdot U + d$ verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Widerstandswert auf die Nennleistung bezogen wird, in dem bei den Messungen bei bekannten Betriebsbedingungen die Parameter des Polynoms des Widerstandswerts jeweils mit der Nennleistung multipliziert werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Parameter des Polynoms des Widerstandswerts für eine vorgegebene Menge möglicher einzusetzender Lampen vorgegeben werden, wobei die Lampen bei Nennleistung voneinander abweichende Nennspannungen aufweisen und der Widerstandswert auf eine gemeinsame Nennspannung normiert wird, in dem bei den Messungen bei bekannten Betriebsbedingungen die Parameter des Polynoms des Widerstandswerts jeweils mit dem Verhältnis aus gemeinsamer Nennspannung zu gemittelter Spannung der Lampen bei Nennleistung multipliziert werden.

6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als die mit einem Vorgabewert zu vergleichende Größe die Nennleistung der Lampenschaltung ermittelt wird gemäß der Formel:

$$P_{nenn} = R_{spez} \cdot \frac{I_{lamp}}{U_{lamp}} \quad \text{wobei}$$

I_{lamp} der aktuelle Strom durch die Lampenschaltung,

U_{lamp} die aktuelle Spannung über der Lampenschaltung,

R_{spez} der auf die Nennleistung bezogene spezifische Lampenwiderstandswert in $[\Omega \cdot W]$ ist.

7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als die mit einem Vorgabewert zu vergleichende Größe die Nennleistung ermittelt wird gemäß der Formel:

$$P_{nenn} = R_{spez_norm} \cdot \frac{I_{lamp} \cdot U_{nenn_ist}}{U_{lamp} \cdot U_{norm}} ; \quad \text{wobei}$$

I_{lamp} der aktuelle Strom durch die Lampenschaltung,

U_{lamp} die aktuelle Spannung über der Lampenschaltung,

R_{spez_norm} der auf eine gemeinsame Nennspannung und Nennleistung bezogene, spezifische Lampenwiderstandswert in $[\Omega \cdot W]$

U_{norm} die vereinbarte gemeinsame Nennspannung und

U_{nenn_ist} die gemittelte Spannung aller Lampen bei Nennleistung ist.

8. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorgabewert der Sollstrom durch die Lampenschaltung bei der aktuellen Spannung ermittelt wird gemäß der Formel:

$$I_{lamp_soll} = \frac{P_{nenn} \cdot U_{lamp}}{R_{spez}}$$

9. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Vorgabewert der Sollstrom durch die Lampenschaltung bei der aktuellen Spannung ermittelt wird gemäß der Formel:

$$I_{lamp_soll} = \frac{P_{nenn} \cdot U_{lamp}}{R_{spez_norm}} \cdot \frac{U_{norm}}{U_{nenn_ist}}$$

10. Beleuchtungssystem, bestehend aus zumindest einer Lampe und einer Steuereinheit, welche Strom und Spannung erfasst und gemäß dem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche den Widerstand der Lampe oder eine daraus abgeleitete Größe ermittelt und mit Vorgabewerten vergleicht und bei Abweichung von den Vorgabewerten erkennt, daß die Lampe defekt ist oder nicht der Vorgabe entspricht.

11. Beleuchtungssystem, bestehend aus zumindest zwei parallel geschalteten Lampen und einer Steuereinheit, welche Strom und Spannung erfasst und gemäß dem Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis den Widerstand der Lampe oder eine daraus abgeleitete Größe ermittelt und mit Vorgabewerten vergleicht und bei Abweichung von den Vorgabewerten erkennt, daß zumindest einer der Lampen defekt ist oder nicht der Vorgabe entspricht.

12. Beleuchtungssystem nach Anspruch 11, wobei Lampen mit unterschiedlicher Nennleistung parallel geschaltet sind und aus dem Maß der Abweichung zu den Vorgabewerten abgeleitet wird, welche der parallel geschalteten Lampen defekt ist.

1/4

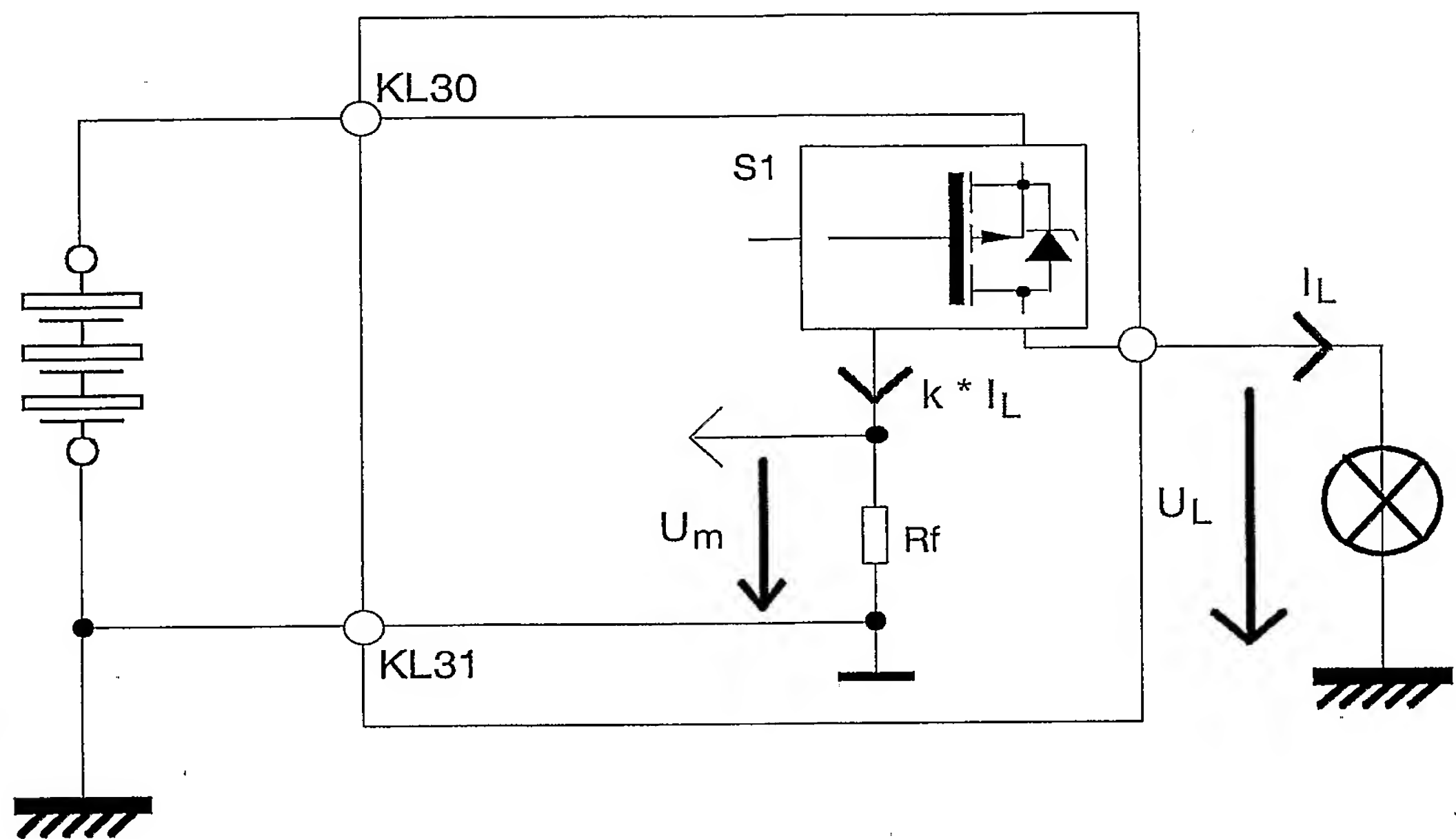


Fig. 1

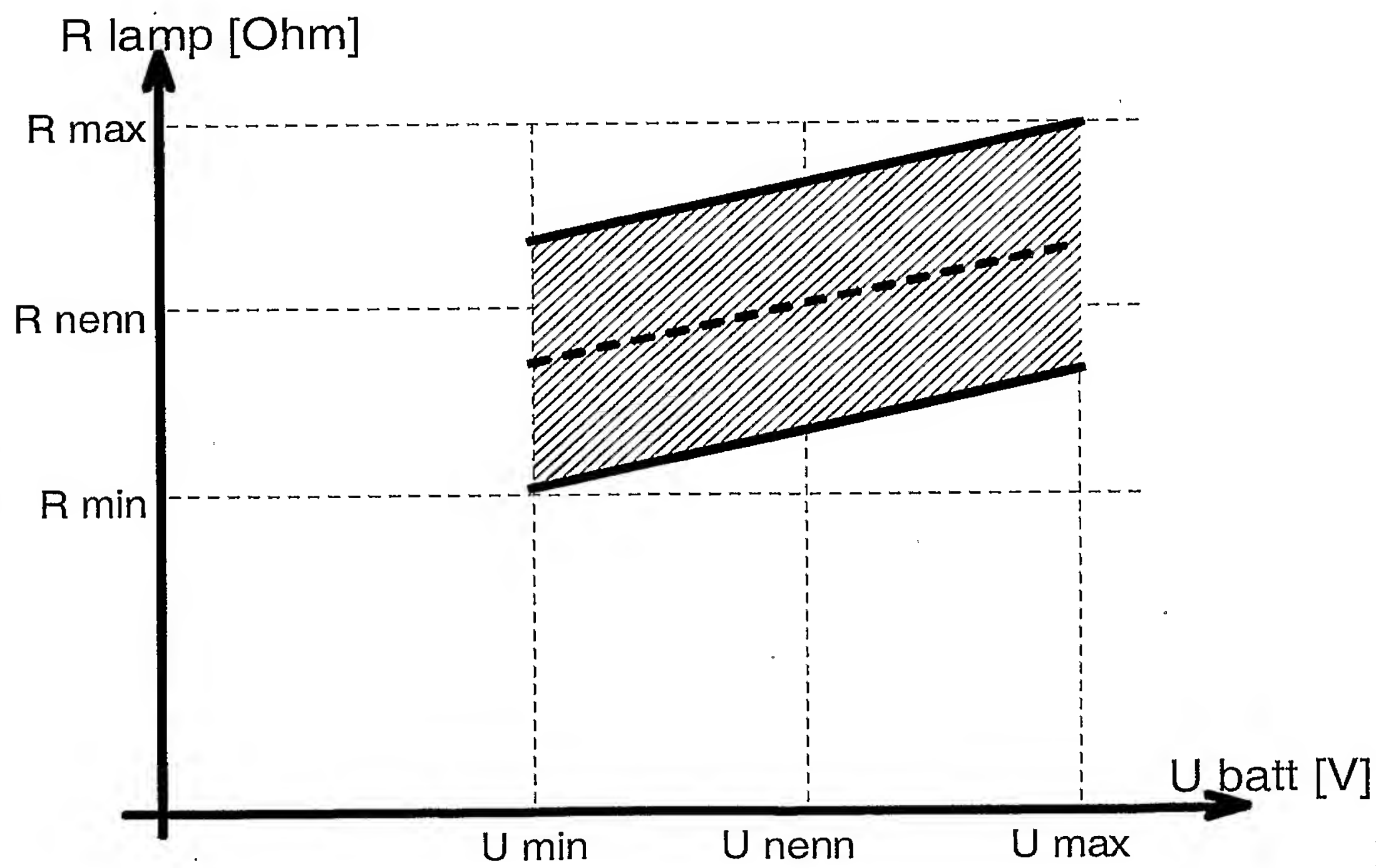


Fig. 2

2/4

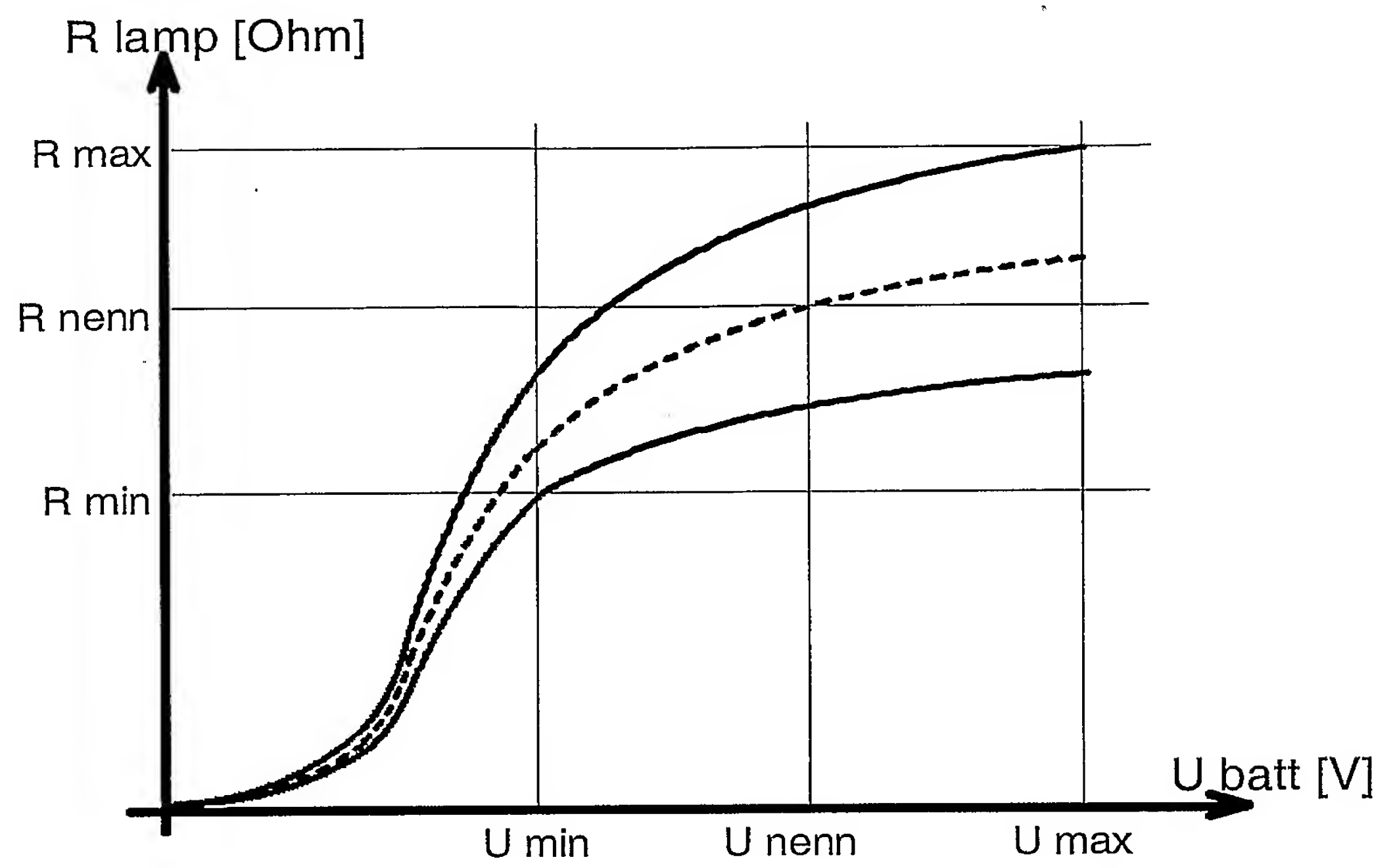


Fig. 3

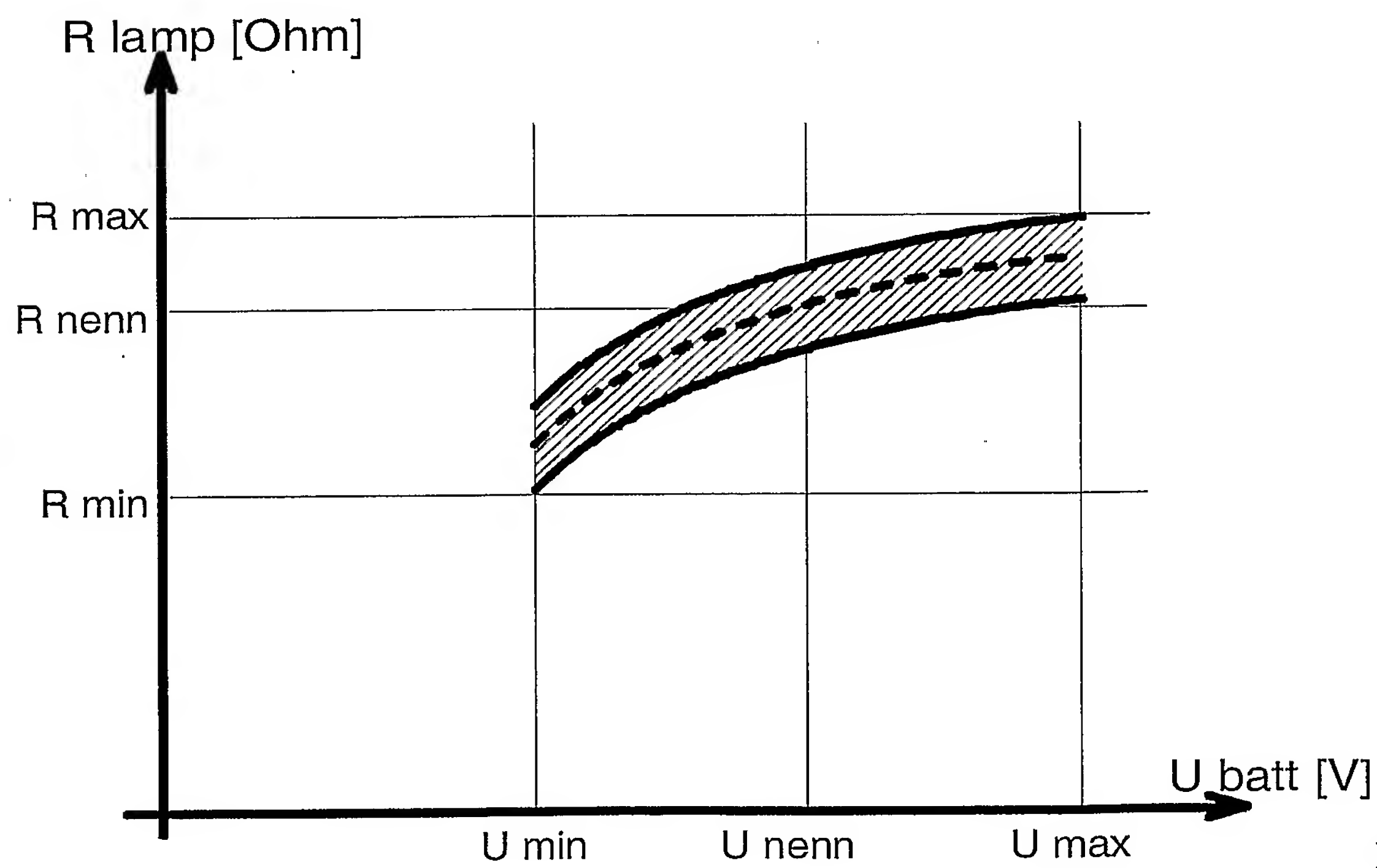


Fig. 4

3/4

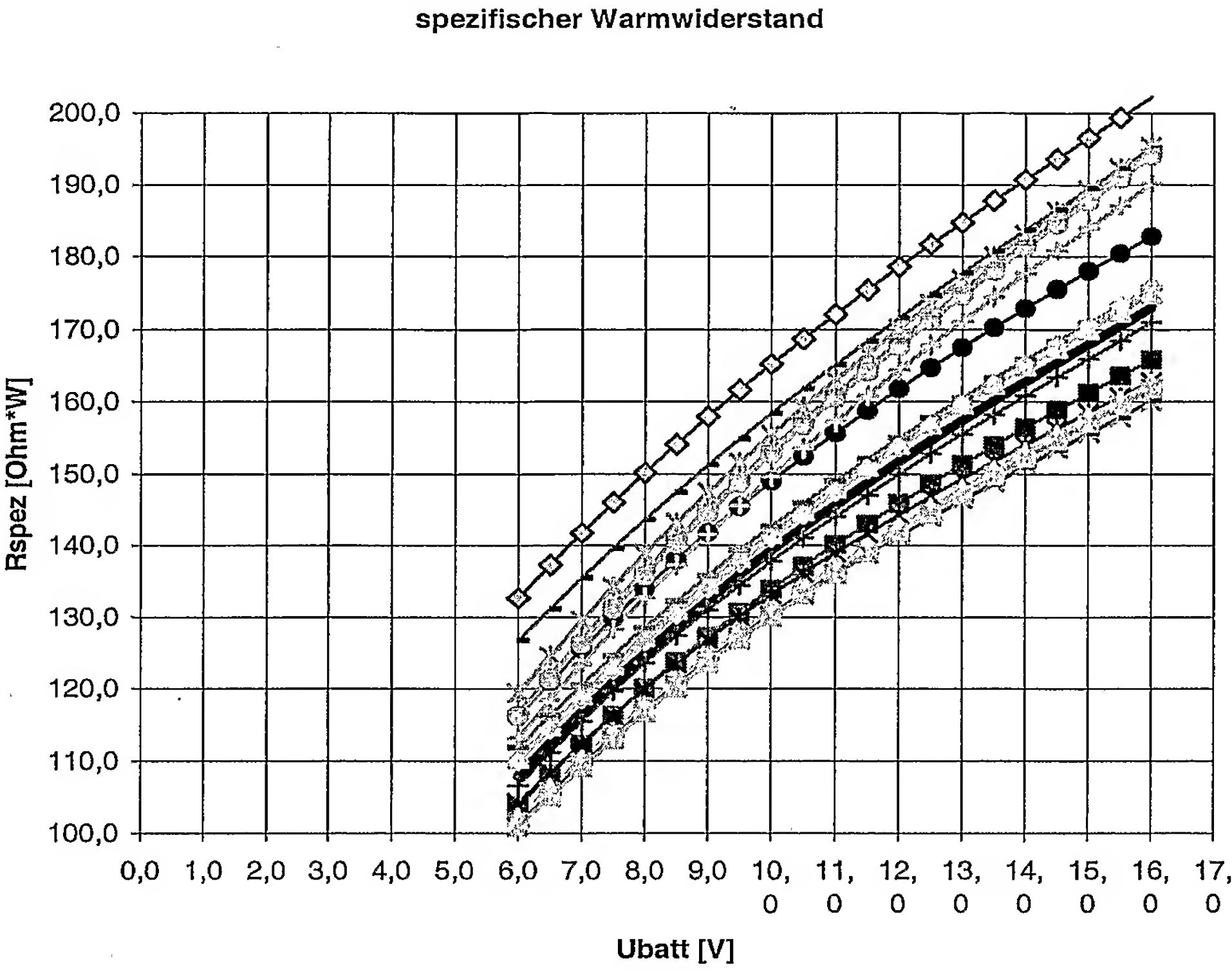


Fig. 5

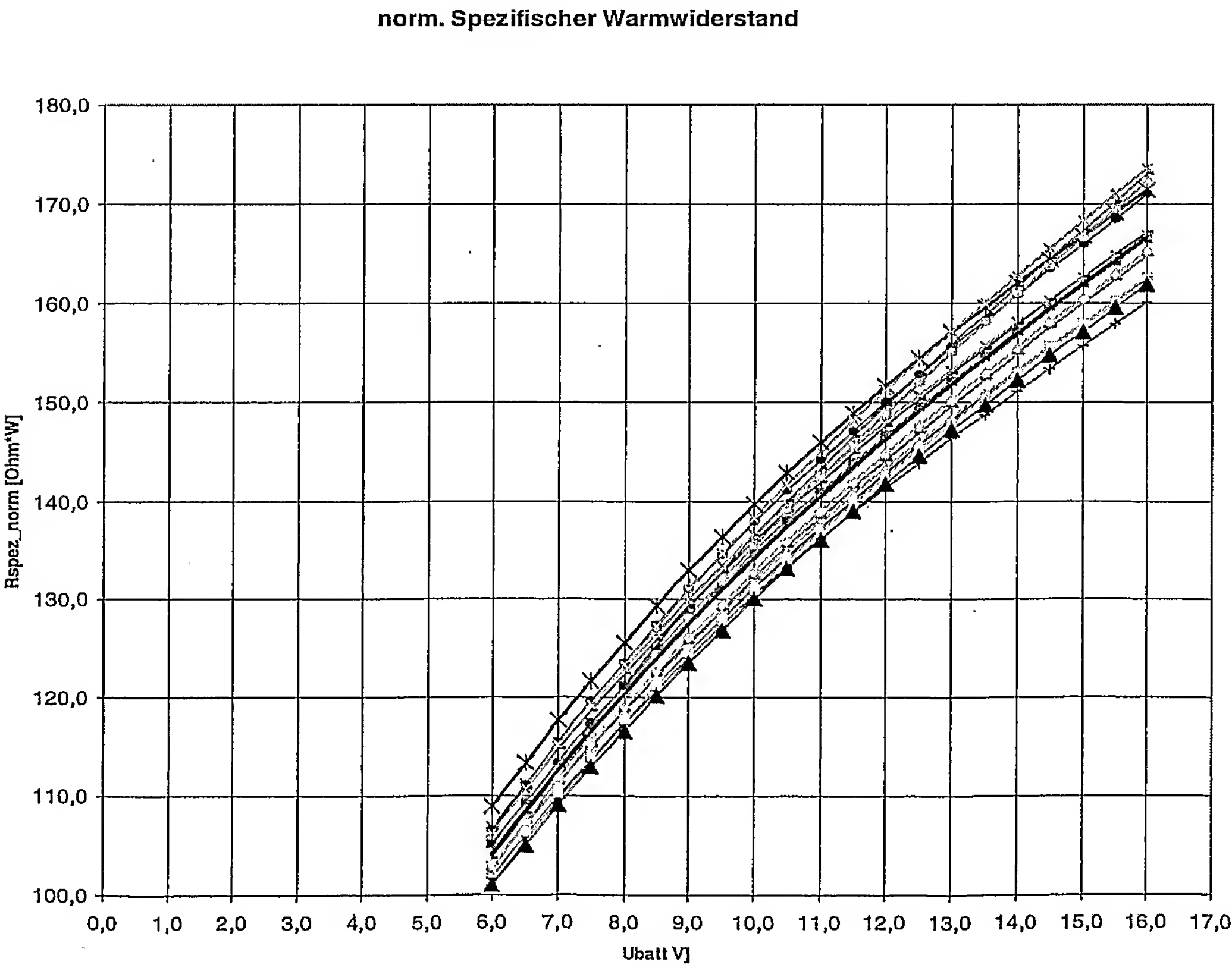


Fig. 6

4/4

Abweichung des normierten spezifischen Widerstandes

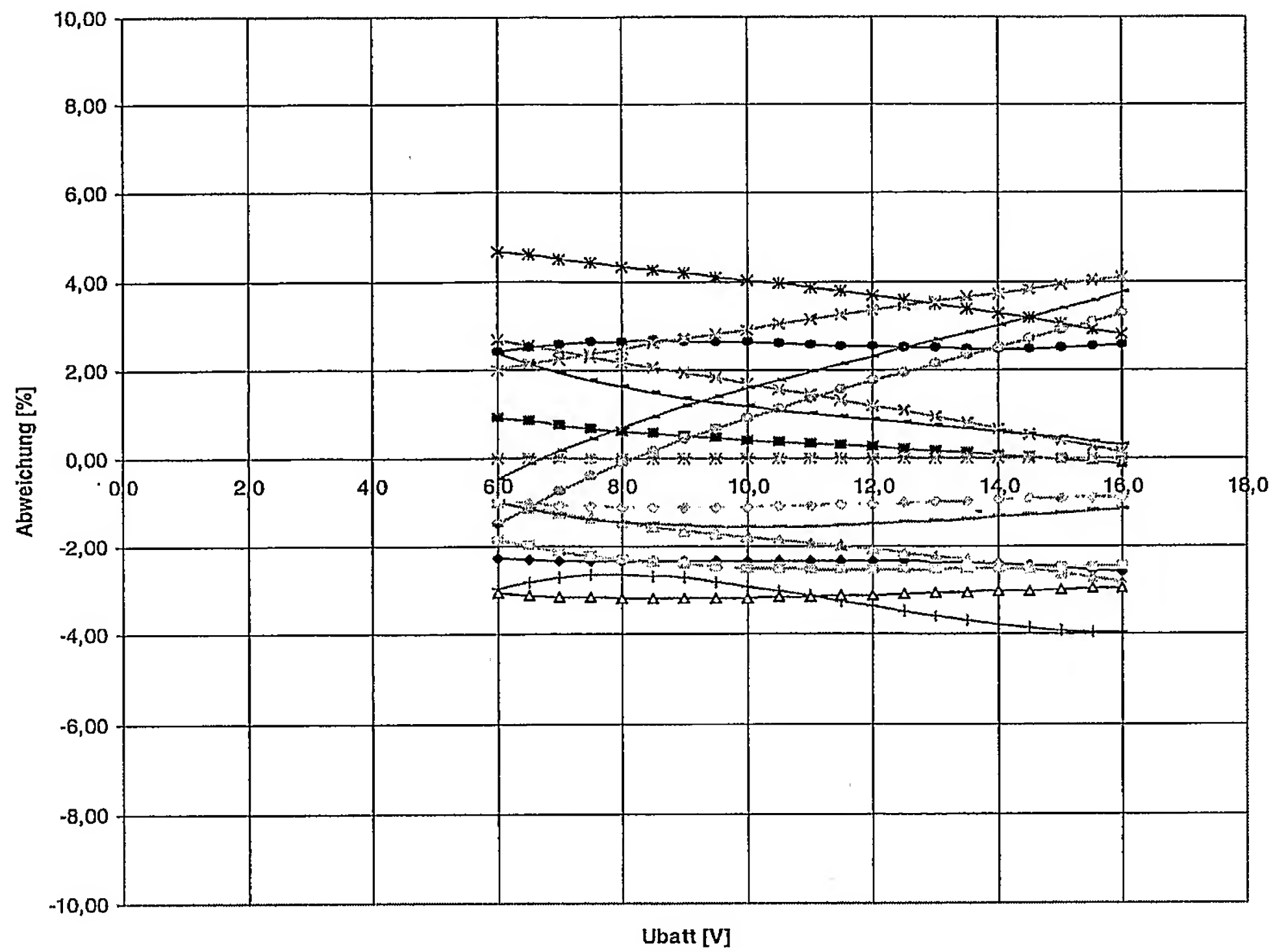


Fig. 7

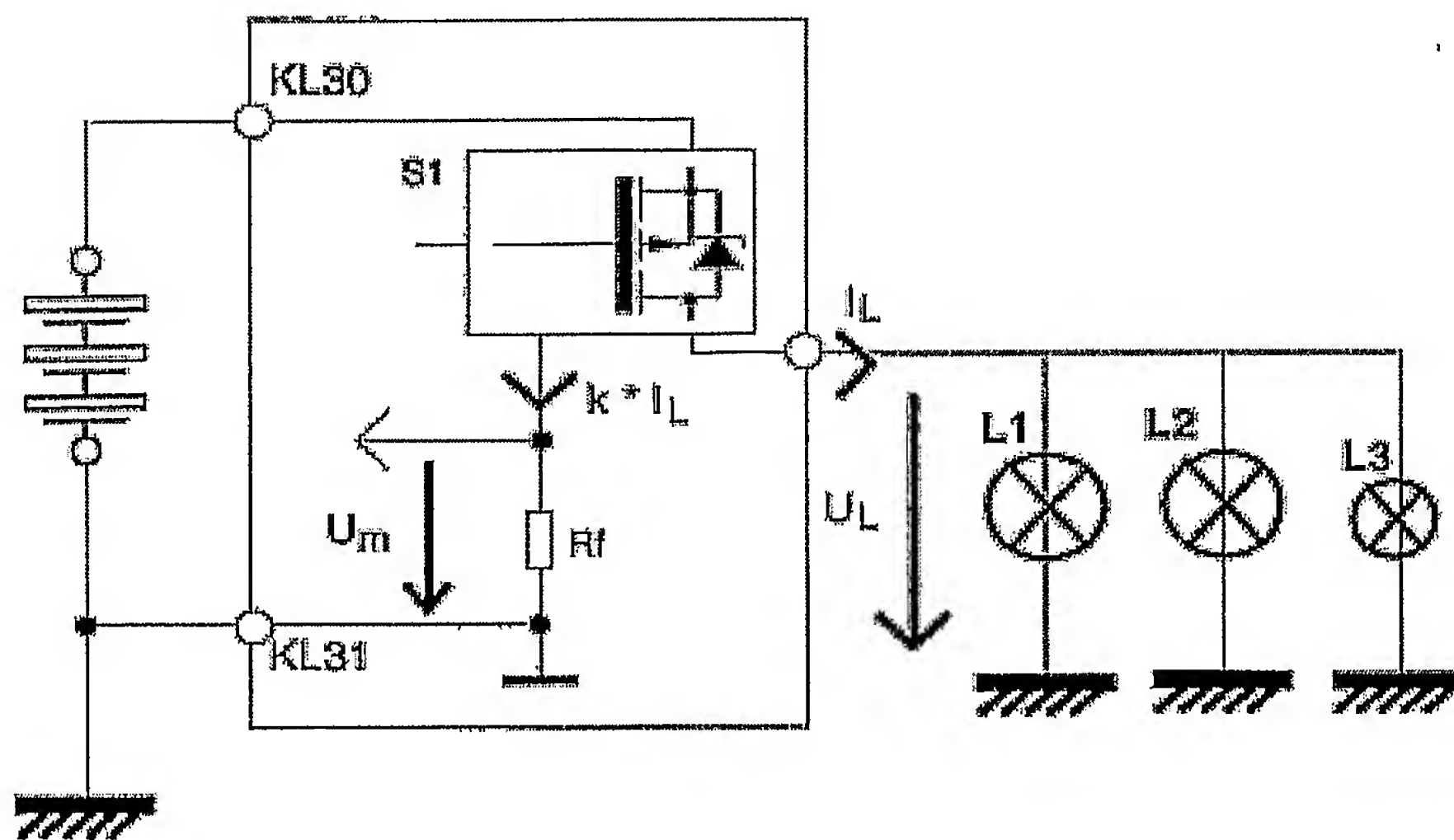


Fig. 8

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsprüfung einer Lampenschaltung,
5 bestehend aus mindestens einer Lampe, durch Messung von Strom und Spannung.

Dabei wird ein Widerstandswert berücksichtigt wird, welcher als ein Polynom zumindest 1. Ordnung, vorzugsweise 3. Ordnung abhängig von der aktuell gemessenen Spannung an der Lampenschaltung vorgegeben wird, wobei die Parameter des Polynoms durch eine
10 zumindest der Ordnung des Polynoms entsprechende Anzahl von Messungen bei bekannten sich unterscheidenden Betriebsbedingungen bestimmt werden und der spezifische Widerstandswert oder eine daraus abgeleitete Größe mit einem Vorgabewert verglichen werden.

Besonders vorteilhaft ist, daß durch Normierung der Parameter auf die Nennleistung durch Multiplikation der Parameter mit der Nennleistung über weite Bereiche von Lampen
15 unterschiedlicher Nennleistung mit vertretbaren Abweichungen einheitliche Durchschnittswerte gefunden werden. Weichen die Lampen zudem in der bei Nennleistung auftretenden Nennspannung voneinander ab, so erweist es sich als besonders vorteilhaft, diesen Widerstandswert auch auf eine gemeinsame Nennspannung zu normieren, so daß verschiedenste Lampen durch einheitliche Parameter mit guter Näherung gemeinsam
20 beschrieben und entsprechende Funktionsprüfungen mit höherer Genauigkeit durchgeführt werden können.

Insbesondere kann auch der Ausfall oder Einbau einer Lampe mit unzulässiger Spezifikation selbst bei Verschaltung mehrerer Lampen parallel zueinander auf einen Ausgang erkannt werden.